

**KAJIAN TEORITIS PENGARUH GUGUS TRIFENILAMIN
DAN SIANOASETAT PADA SIANIDIN SEBAGAI SENYAWA
DYE SEL SURYA TERSENSITASI (DSSC)**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



**Moh. Irfan Ainurraziqin
12630037**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2017**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1050/Un.02/DST/PP.00.9/08/2017

Tugas Akhir dengan judul : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa Dye Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MOH.IRFAN AINURRAZIQIN
Nomor Induk Mahasiswa : 12630037
Telah diujikan pada : Senin, 17 Juli 2017
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Sudarlin, M.Si.
NIP. 19850611 201503 1 002

Penguji I

Pedy Artsanti, S.Si., M.Sc.
NIP. 19720306 000000 2 301

Penguji II

Didik Knsdiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19811111 201101 1 007

Yogyakarta, 17 Juli 2017

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Dr. Murtono, M.Si

NIP. 19609272 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp.: -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin
NIM : 12630037
Judul Skripsi : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini, kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 09 Juni 2017

Pembimbing,

Sudarlin, M.Si

NIP. 19850611 201503 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp.: -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

Judul Skripsi : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini, kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 13 Juni 2017

Pembimbing,

Pedy Artsanti, M.Sc.

NIP. 19720306 000000 2 301



Sudarlin, M.Si.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

Judul Skripsi : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 28 Juli 2017

Konsultan,


Sudarlin, M.Si.

NIP. 19850611 201503 1 002



Pedy Artsanti, M.Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

Judul Skripsi : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 28 Juli 2017

Konsultan,

Pedy Artsanti, M.Sc.

NIP. 19720306 000000 2 301



Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

Judul Skripsi : Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 28 Juli 2017

Konsultan,

Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP. 19811111 201101 1 007



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa Dye Sel Surya Tersensitasi (DSSC)”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 28 Juli 2017



Moh. Irfan Ainurraziqin

NIM : 12630037

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kepada gusti Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah serta nikmat sehingga bisa menyelesaikan karya ilmiah ini.

Karya ini kupersembahkan kepada:

*Almamaterku Prodi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*

*Ibu, Ibu, Ibu, dan Bapak
Almarhumah Juma'ati binti H. Hosni
Keluarga besarku*

*Terima kasih atas segala cinta, kasih sayang, dukungan
dan doa yang senantiasa terukir dalam kehidupanku.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alam* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Sianoasetat pada Sianidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC)” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Irwan Nugraha, M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Sudarlin, M.Si., dan Pedy Artsanti, M.Sc., selaku dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama penelitian skripsi sekaligus sebagai pembimbing penyusunan skripsi yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.

5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
7. Bapak Abd. Mu'iz dan Ibu Ramlah selaku orang tua kandung yang telah memberikan doa, motivasi dan segalanya selama studi di Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
8. Keluarga besar Bani Sulaiman yang senantiasa selalu memberikan motivasi dan semangat.
9. Gandur Sembodo Affandi, Aulia Rahman, Rizki Tejo Nugroho, Laila Nurul Ulfa Muradla, Ismah Nafilah, Dina Nuraini Arif, dan teman-teman kimia UIN Sunan Kalijaga angkatan 2012 atas kerjasama, saran, dan bantuannya.
10. Rasiki, Hendri, Muwafiqul Aziz, dan teman-teman madura seperjuangan lainnya.
11. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

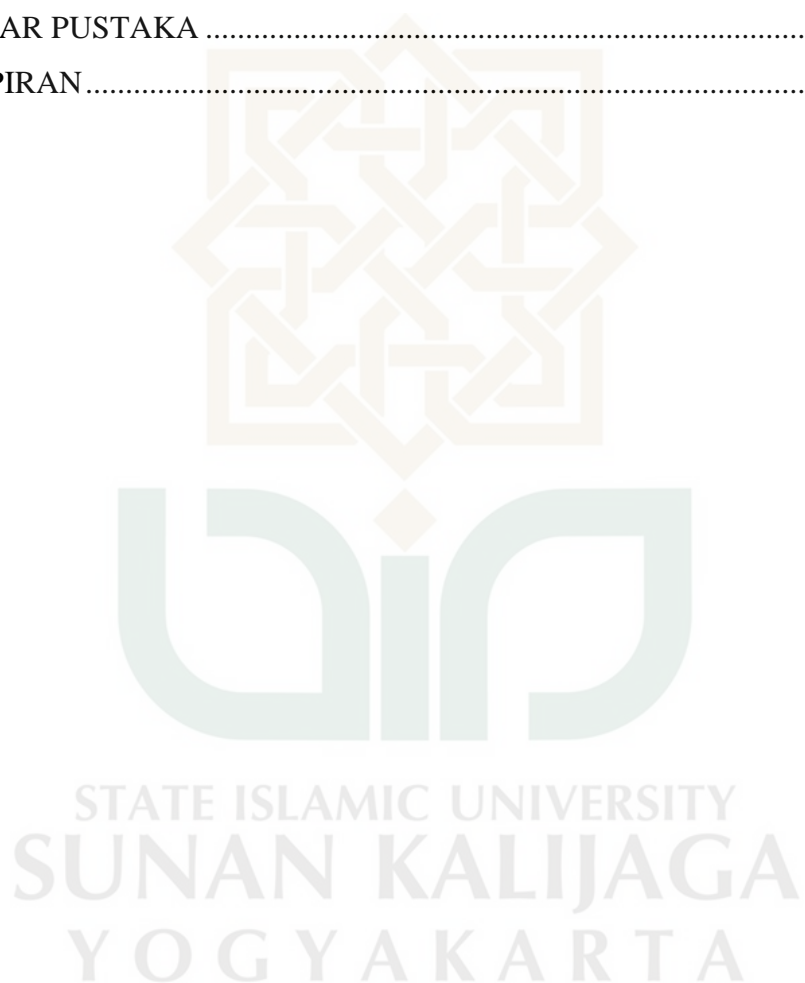
Yogyakarta, 28 Juli 2017

Moh. Irfan Ainurraziqin
12630037

DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat-alat Penelitian	31
C. Rancangan Penelitian	31
D. Cara Kerja Penelitian	31
E. Prosedur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Pemilihan Metode	35
B. Optimasi Molekul dan Energi HOMO-LUMO	36

C. Posisi Orbital Energi pada Keadaan HOMO dan LUMO	41
D. Panjang Ikatan	44
E. Spektra.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Stuktur skematis DSSC	11
Gambar 2. 2. Skema prinsip kerja DSSC	14
Gambar 2. 3. Struktur dasar dan resonansi sianidin	18
Gambar 2. 4. Reaksi antara sianidin dengan $Ti(OH)_4$	18
Gambar 2. 5. Struktur trifenilamin	19
Gambar 2. 6. Struktur asam sianoasetat	20
Gambar 2. 7. Pembagian metode kimia komputasi	21
Gambar 4. 1. Optimasi DFT sianidin	36
Gambar 4. 2. Optimasi DFT sianidin trifenilamin	38
Gambar 4. 3. Optimasi DFT sianidin sianoasetat	38
Gambar 4. 4. Orbital sianidin posisi (a) HOMO dan (b) LUMO	42
Gambar 4. 5. Orbital sianidin trifenilamin posisi (a) HOMO dan (b) LUMO	43
Gambar 4. 6. Orbital sianidin sianoasetat posisi (a) HOMO dan (b) LUMO	44
Gambar 4. 7. Panjang ikatan sianidin dengan TiO_2	45
Gambar 4. 8. Panjang ikatan sianidin trifenilamin dengan TiO_2	46
Gambar 4. 9. Panjang ikatan sianidin sianoasetat dengan TiO_2	47
Gambar 4. 10. Spektrum absorpsi sianidin dan sianidin termodifikasi	48

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Energi eksitasi sianidin 3-glukosida eksperimen dan perhitungan	35
Tabel 4. 2. Nilai muatan Mulliken sianidin.....	37
Tabel 4. 3. Energi HOMO-LUMO sianidin dan sianidin termodifikasi	40
Tabel 4. 4. Panjang ikatan sianidin dan sianidin termodifikasi dengan TiO ₂	47



ABSTRAK

KAJIAN TEORITIS PENGARUH GUGUS TRIFENILAMIN DAN SIANOASETAT PADA SIANIDIN SEBAGAI SENYAWA *DYE* SEL SURYA TERSENSITASI (DSSC)

Oleh:

Moh. Irfan Ainurraziqin

12630037

Kajian teoritis pengaruh gugus trifenilamin dan sianoasetat pada sianidin sebagai senyawa *dye* sel surya tersensitasi (DSSC) telah dilakukan berdasarkan beberapa parameter teoritis. Parameter teoritis yang digunakan adalah panjang ikatan antara Ti dan molekul *sensitizer*, spektra, serta posisi kerapatan elektron pada posisi HOMO dan LUMO. Modifikasi dilakukan menggunakan sianidin sebagai molekul dasar, trifenilamin sebagai donor elektron, dan sianoasetat sebagai akseptor elektron. Optimasi geometri menggunakan software *NwChem* basis set 6-31G*. Optimasi keadaan dasar menggunakan metode DFT-B3LYP dan optimasi keadaan tereksitasi menggunakan metode TDDFT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing molekul modifikasi memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat mempengaruhi efektivitas sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC. Berdasarkan parameter panjang ikatan dengan semikonduktor TiO₂, sianidin sianoasetat memiliki panjang ikatan paling kecil. Untuk parameter energi HOMO-LUMO, sianidin trifenilamin memiliki energi HOMO dan LUMO paling tinggi, sedangkan sianidin sianoasetat sebaliknya. Kerapatan elektron molekul sianidin trifenilamin baik pada keadaan HOMO maupun LUMO terpusat pada sianidin. Sementara itu, kerapatan elektron molekul sianidin sianoasetat pada posisi HOMO terpusat pada sianidin dan pada posisi LUMO terpusat pada gugus sianoasetat.

Kata kunci : DFT, DSSC, HOMO-LUMO, sianidin, sianoasetat, TD-DFT, dan trifenilamin.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sel surya atau sel fotovoltaik merupakan alat yang mampu mengubah energi sinar matahari menjadi listrik. Prinsip dasar sel surya adalah efek fotovoltaik. Efek fotovoltaik ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839, dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foton yang muncul ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit (Ningsih dan Hastuti, 2012).

Berdasarkan perkembangannya, sel surya terbagi dalam tiga generasi. Sel surya generasi pertama terbuat dari silikon kristalin yang digolongkan menjadi silikon monokristalin dan polikristalin. Generasi kedua merupakan modifikasi dari sel surya generasi pertama yang disebut sel surya lapis tipis (*thin film solar cell*) dan generasi ketiga adalah sel surya organik atau dikenal dengan nama *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) (Khuzairah, 2014). Sistem sel surya generasi ketiga ini pertama kali diperkenalkan oleh Gratzel *et al.* (1991) sehingga disebut juga sebagai sel Gratzel (Dewi *et al.*, 2010).

Diantara berbagai jenis sel surya, DSSC merupakan sel surya yang secara intensif dikembangkan oleh peneliti untuk mendapat konversi efisiensi yang maksimum. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan jenis sel surya yang memanfaatkan zat warna (*dye*) sebagai medium penyerap cahaya (foton). Beberapa kelebihan DSSC antara lain biaya fabrikasi yang relatif murah karena menggunakan material dasar yang murah, preparasinya mudah (Pujiarti, 2014), memiliki kinerja yang rasional, tidak beracun dan ramah lingkungan, memiliki

stabilitas yang baik dalam jangka waktu yang panjang, serta memiliki temperatur kerja yang moderat hingga 50°C (Harianto, 2014).

Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dipegaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis TCO, jenis semikonduktor, jenis *sensitizer*, pasangan spesi redoks serta elektrolit yang digunakan, dan material elektroda lawan (Harianto, 2014). Saat ini, efisiensi yang dihasilkan dari sel surya tersensitasi *dye* telah mencapai 10-11% (Maddu *et al.*, 2007)

Sejauh ini, *dye* yang digunakan sebagai *sensitizer* dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis kompleks ruthenium. *Dye* ini masih cukup mahal serta mengandung ruthenium yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan (Prasatya dan Susanti, 2013). Sebaliknya, *dye* alami merupakan senyawa organik non logam yang dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga, atau buah. Berbagai jenis ekstrak tumbuhan telah digunakan sebagai *fotosensitizer* pada sistem DSSC (Maddu *et al.*, 2007).

Sifat molekul *sensitizer* memiliki peran penting dalam sistem kerja DSSC. Ketika terjadi absorpsi cahaya, separasi muatan akan melibatkan kontak antara molekul *sensitizer* dengan permukaan semikonduktor. Efisiensi DSSC umumnya bergantung pada tingkat energi relatif molekul *sensitizer* dan kinetika elektron yang berpusat pada molekul *sensitizer* tersebut (Harianto, 2014).

Salah satu *dye* alami yang telah banyak diteliti adalah antosianin. Senyawa ini merupakan pigmen yang larut dalam air dan secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan. Warna pigmen muncul dari susunan ikatan rangkap

terkonjugasinya yang panjang sehingga mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak (Rahman dan Prajitno, 2013). Senyawa antosianin yang paling banyak ditemukan adalah pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin (Fernando dan Senadeera, 2008).

Hasil penelitian menunjukkan sianidin memiliki efisiensi yang lebih baik berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ekanayake *et al.* (2013) menggunakan ekstrak antosianin dari *Canarium odonthophylum*. Hasil yang diperoleh menunjukkan efisiensi konversi energi matahari sianidin sebesar 1,43%, pelargonidin 0,87%, dan maritmein sebesar 0,60%. Sementara itu, pelargonidin menunjukkan efektivitas yang lebih baik jika menggunakan gugus penarik elektron seperti sianoasetat (Affandi, 2016).

Terkait sistem kerjanya, struktur dasar senyawa organik sebagai *dye* umumnya memiliki gugus donor elektron (D), jembatan elektron (π), dan akseptor elektron (A) yang biasanya tergabung dalam struktur molekul D- π -A. Desain dan modifikasi sistem D- π -A yang tepat dibutuhkan untuk mengembangkan efisiensi *sensitizer* organik non logam dalam DSSC (Preat *et al.*, 2009). Studi teoritis dan eksperimental menunjukkan bahwa bagian kaya elektron dalam molekul donor dan jembatan π terkonjugasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat fotoelektrokimia dan efisiensi dari *sensitizer* (Xu *et al.*, 2007).

Salah satu penelitian yang membuktikan hal tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Preat *et al.* (2009) menggunakan trifenilamin (TPA) dan asam sianoasetat. Hasilnya menunjukkan kedua senyawa ini merupakan donor dan akseptor elektron yang potensial. Molekul TPA dapat menekan agregasi struktur

non planar senyawa *dye*, sehingga dapat dijadikan sebagai *sensitizer* DSSC (Xu *et al.*, 2007). Beberapa kelompok peneliti telah melaporkan bahwa DSSC dengan berbagai pewarna berbasis TPA menunjukkan efisiensi sampai dengan 7,62% (Shen *et al.*, 2009). Sementara itu, modifikasi pelargonidin menggunakan TPA telah dilaporkan oleh Affandi (2016), dimana molekul TPA tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap posisi orbital elektron pada molekul pelargonidin.

Unit π terkonjugasi dalam sistem D- π -A berfungsi sebagai penghubung donor dan akseptor elektron. Selain itu, unit ini juga menentukan wilayah penyerapan cahaya dari DSSC dan mempengaruhi injeksi elektron dari keadaan eksitasi *sensitizer* pada semikonduktor TiO₂. Senyawa yang memiliki struktur π terkonjugasi merupakan senyawa yang dapat berfungsi sebagai jembatan elektron dalam sistem D- π -A (Shen *et al.*, 2009).

Berdasarkan uraian diatas, potensi pemanfaatan sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC dapat dimaksimalkan menggunakan trifenilamin (TPA) dan asam sianoasetat. Modifikasi yang dapat dilakukan adalah menggunakan sianidin sebagai donor dan asam sianoasetat sebagai akseptor elektron atau senyawa TPA sebagai donor dan sianidin sebagai akseptor elektron.

Parameter teoritis yang akan digunakan untuk mengetahui hasil modifikasi tersebut adalah panjang ikatan Ti dan molekul *sensitizer*, energi, spektra, serta posisi kerapatan elektron pada posisi HOMO dan LUMO. Perbedaan sebaran elektron pada masing-masing modifikasi akan menyebabkan perbedaan nilai pada masing-masing parameter tersebut. Harapannya, modifikasi yang dilakukan akan

menunjukkan pengaruh penggunaan trifenilamin dan asam sianoasetat sebagai gugus pendonor dan akseptor elektron pada sianidin sehingga dapat dilakukan modifikasi lebih lanjut.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dari pada penelitian ini adalah:

1. Modifikasi dilakukan dalam 2 bentuk yaitu sianidin sebagai donor dan sianoasetat sebagai akseptor elektron atau sianidin sebagai akseptor elektron dan trifenilamin (TPA) sebagai donor.
2. Parameter teoritis yang akan digunakan adalah panjang ikatan antara Ti dan molekul *sensitizer*, energi, spektra, serta posisi kerapatan elektron posisi HOMO dan LUMO.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh trifenilamin dan sianoasetat sebagai donor dan akseptor elektron terhadap efisiensi fotoelektrik sianidin berdasarkan parameter energi, panjang ikatan, serta spektra dan kerapatan elektron molekul?
2. Bagaimana modifikasi terbaik yang mampu menghasilkan efisiensi terbaik untuk sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC?
3. Bagaimana interaksi senyawa sianidin termodifikasi dengan semikonduktor TiO_2 berdasarkan panjang ikatan dan kerapatan elektron ikatan?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh trifenilamin dan sianasetat sebagai donor dan akseptor elektron terhadap efisiensi fotoelektrik sianidin berdasarkan parameter energi, panjang ikatan, serta spektra dan kerapatan elektron molekul.
2. Menentukan modifikasi terbaik yang mampu menghasilkan efisiensi terbaik untuk sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC
3. Mempelajari interaksi senyawa sianidin termodifikasi dengan semikonduktor TiO_2 berdasarkan panjang ikatan dan kerapatan elektron ikatan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan referensi teoritik mengenai metode yang dapat digunakan dalam meningkatkan efisiensi sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC.
2. Memahami pengaruh penempatan senyawa sianidin sebagai donor dan akseptor elektron terhadap absorbansi UV-Vis dalam DSSC.
3. Memahami interaksi senyawa sianidin termodifikasi dengan semikonduktor TiO_2 .

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Masing-masing molekul modifikasi memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat mempengaruhi efektivitas sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC.
2. Sianidin trifenilamin memiliki energy HOMO lebih tinggi sehingga lebih mudah membentuk ikatan dengan semikonduktor, akan tetapi kondisi tersebut dapat menghambat transfer elektron dari elektrolit untuk mengisi *hole* pada *dye*. Sianidin sianoasetat menunjukkan kondisi sebaliknya.
3. Posisi LUMO siandin trifenilamin memiliki energi lebih tinggi yang menunjukkan tingkat kemudahan injeksi elektron ke TiO_2 . Sementara sianidin sianoasetat dengan energi LUMO terendah akan lebih sulit untuk menginjeksikan elektron ke semikonduktor TiO_2 .
4. Kerapatan molekul sianidin trifenilamin baik pada keadaan HOMO maupun LUMO tetap berpusat pada sianidin. Sedangkan sianidin sianoasetat pada posisi HOMO elektron terpusat pada sianidin dan pada posisi LUMO terpusat pada gugus sianoasetat.

B. Saran

1. Mempelajari modifikasi gugus lain yang mampu meningkatkan efisiensi sianidin sebagai senyawa *dye* pada DSSC.
2. Mempelajari sintesis senyawa sianidin termodifikasi secara eksperimen.



DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, G. S. 2016. Kajian Teoritis Pengaruh Gugus Trifenilamin dan Asam Sianoasetat pada Pelargonidin sebagai Senyawa *Dye* Sel Surya Tersensitasi (DSSC). *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Akbar, B. I. 2013. Studi Komputasi Senyawa Dopamin dan Metil Katekol sebagai *Dye* untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell*: “Software Benchmarking”. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Gunung Jati: Bandung.
- Apriliani, A. T. 2017. Studi Komputasi Sifat Elektronik Senyawa Turunan Carbazole sebagai *Sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Arcos, W. A., Guimaraes, R. R., Insuasty, B., Araki, K., dan Ortiz, A. 2016. Structural Effects on the Photoelectrochemical Properties of New Push Pull Dyes Based on Vinazene Acceptor Triphenylamine Donor. *Journal of Molecular Structure*. 1111. 157-165.
- Bae, J., Chae, B., Seo, H., Jung, Y. M., dan Lee, S. W. 2014. Structural Characterization of Triphenylamine (TPA) Based Polymers During the Oxidative Reaction by Two Dimensional (2D) Infrared Correlation Study. *Journal of Molecular Structure*. 1069. 200–204.
- Baharuddin, A., Aisyah, Saokani, J., dan Risnah, I. A. 2015. Karakterisasi Zat Warna Daun Jati (*Tectona Grandis*) Fraksi Metanol : n-Heksana sebagai *Photosensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell*. *Chimica et Natura Acta*. No. 1. Vol. 3. 37-41.
- Chang, D. W., Lee, H. J., Kim, J. H., Park, S. Y., Park, S. M., Dai, L., dan Baek, J. B. 2011. Novel Quinoxaline-Based Organic Sensitizers for Dye Sensitized Solar Cells. Interdisciplinary School of Green Energy/Institute of Advanced Materials and Devices, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan. *Organik Letters*. No. 15. Vol. 13. 3880-3883.

- Dewi, P. A., Gunawan., Haris. A. dan. 2010. Pengaruh Pelarut Metanol dan Pelarut Metanol-Asam-Asetat-Air Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* dari Ekstrak Bunga Rosela (*Hibiscus Sabdariffa*). *Jurnal Sains dan Matematika (JSM)*. No. 4. Vol. 18. 132-138.
- Deviantin. 2014. Studi Komputasi Kompleks Molekul Zat Warna Unggulan pada DSSC. *Tesis*. Program Studi Magister Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Dumbrava, A., Georgescu, A., Damache, G., Badea, C., Enache, I., Oprea, C., dan Girtu, M. A. 2008. Dye Sensitized Solar Cells Based on Nanocrystalline TiO₂ and Natural Pigments. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. No. 11. Vol. 10. 2996-3002.
- Ekanayake, P., Kooh, M. R. R., Kumara. N. T. R. N., Lim, A., Petra, M. I., Yoong, V. N., dan Ming, L. C. 2013. Combined Experimental and DFT-TDDFT Study of Photoactive Constituents of *Canarium Odontophyllum* for DSSC Application. *Elsevier: Chemical Physics Letters*. 36. 2484-2488.
- Fernando, J., dan Senadeera, G. K. R. 2008. Natural Anthocyanins as Photosensitizers for Dye Sensitized Solar Devices. *Curr. Sci*, 95 (5), 10.
- Halme, J. 2002. Dye Sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells: Technical Review and Preliminary Test. *Thesis*. Helsinki: Helsinki University of Technology.
- Hardeli., Suwardani., Riky., Fernando, T., Maulidis., dan Ridwan, S. 2013. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*. *Prosiding Semirata Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung*. Lampung. 155-161.
- Hariato, B. 2014. Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Berbasis Pemeka Erithrosine. *Tesis*. Program Studi Magister Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung: Bandung.

- Isnaeni, K. 2015. Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas Antioksidan Senyawa Analog Kalkon. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Sebelas Maret: Surakarta.
- Khuzaifah, S. 2014. Karakteristik Absorpsi Ekstrak Krokot (*Portulaca Oleracea L.*) sebagai *Sensitizer* Alami untuk *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga: Yogyakarta.
- Leach, A. R. 2001. *Molecular Modelling: Principles and Applications*. Singapore: Addison Wesley Longman Limited.
- Maddu, A., Zuhri. M., dan Irmansyah. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitasi *Dye*. *Makara, Teknologi*. No. 2. Vol. 11. 78-84.
- Mulliken, R. S. 1935. *Electronic Structures of Molecules XI. Electroaffinity, Molecular Orbitals and Dipole Moments*. *J. Chem. Phys.* 3. 573–585.
- Mulyati, B. 2016. Studi Komputasi Interaksi Isoflavon dengan Reseptor Estrogen β Menggunakan Metode ONIOM. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. No. 2. Vol. 1.
- Nasukhah, T. A., dan Prajitno, G. 2012. Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. No. 1. Vol. 1. 1-6.
- Ningsih, R., dan Hastuti, E. 2012. Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam dan Tinta Cumi-cumi sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitasi. *Jurnal SAINTIS Universitas Islam Negeri Maliki*. No. 2. Vol. 1.
- Nugrahawati, D. 2012. Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Mawar Merah (*Rosa Damascena Mill*) sebagai Pewarna Alami Berbasis Antosianin. *Skripsi*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.

- Pamungkas, G., dan Sanjaya, I. G. M. 2013. Kajian Teoritis untuk Menentukan Celah Energi Porfirin Terkonjugasi Logam Kalsium Menggunakan Teori Fungsional Kerapatan (DFT). *UNESA Journal of Chemistry*. No. 1. Vol. 2.
- Pongajow, N. T., Juliandri., dan Hastiawan. 2013. *Density Functional Theory* untuk Penentuan Geometri dan Karakteristik Ikatan dari Kompleks Ni(II)-Dibutilditiokarbamat dan Co(II)-Dibutylkarbamat. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN*. Bandung.
- Pranowo, H. D. 2009. Teknologi Informasi dalam Mendukung Riset di Bidang Kimia. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta.
- Prasatya, A. N., dan Susanti, D. 2013. Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Kaca FTO yang Dicoating ZnO Terhadap Efisiensi DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) yang Menggunakan Dye dari Buah Terung Belanda (*Solanum Betaceum*). *Jurnal Teknik Pomits*. No. 2. Vol. 2. 2337-3539.
- Preat, J., Michaux, C., Jacquemin, D., dan Perpete, E. A. 2009. Enhanced Efficiency of Organic Dye Sensitized Solar Cells: Triphenylamine Derivatives. *J. Phys. Chem.* 113. 16821-16833.
- Pujiarti, H. 2014. Kajian Karakteristik Fotovoltaik dan Impedensi dari *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Gel Elektrolit. *Tesis*. Departemen Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Rahman, H., dan Prajitno, G. 2013. Pengaruh Pemberian *Space* (Bantalan) untuk Mendapatkan Kestabilan Arus dan Tegangan Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L.*) sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. No. 2. Vol. 1. 2301-982X.
- Rahman, I. A., dan Purqon. 2015. Studi *Density Functional Theory* (DFT) dan Aplikasinya pada Perhitungan Struktur Elektronik Monolayer MoS₂. *Prosiding SKF*. Bandung.

- Runge, E., & Gross, E. K. (1984). Density-Functional Theory for Time Dependent Systems. *Phys. Rev. Lett.* 52 , 997–1000.
- Saputra, F. R., Rondonuwu, F. S., dan Sutresno, A. 2013. Pemanfaatan Ekstrak Antosianin Kol Merah (*Brassica Oleracea var*) sebagai *Dye Sensitized* dalam Pembuatan Prototipe *Solar Cell* (DSSC). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Kristen Satya Wacana*. Salatiga.
- Scialdone, O., Galia, A., Filardo, G., Isse, A. A., dan Gennaro, A. 2008. Electrocatalytic Carboxylation of Chloroacetonitrile at a Silver Cathode for the Synthesis of Cyanoacetic Acid. *Electrochimica Acta.* 54. 634–642.
- Senthil, T. S., Muthukumarasamy, N., Velauthapillai. D., Agilan. S., Thambidurai. M., dan Balasundaraprabhu, R. 2011. Natural Dye (Cyanidin 3-O-Glucoside) Sensitized Nanocrystalline TiO₂ Solar Cell Fabricated Using Liquid Electrolyte/Quasi Solid State Polymer Electrolyte. *Elsevier: Renewable Energy.* 36. 2484-2488.
- Setiadji, S., Ivansyah, A. L., dan Akbar, B. I. 2015. Studi Komputasi Senyawa Dopamin dan Dopamin-Ti(OH)₂ untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna. *Al Kimiya*. No. 1. Vol. 2.
- Shen, P., Liu, Y., Huang, X., Zhao, B., Xiang, N., Fei, J., Liu, L., Wang, X., Huang, H., dan Tan, S. 2009. Efficient Triphenylamine Dyes for Solar Cells: Effects of Alkyl Substituents and π -Conjugated Thiophene Unit. *Elsevier: Dyes and Pigments.* 83 (2). 187-197.
- Sholihun. 2009. Komputasi Parameter Internal Sel Surya Organik dan Penentuan Pola Keterkaitannya Terhadap Intensitas Menggunakan Metode LANBV. *Tesis*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Smestad, G. P., dan Gratzel, M. 1998. Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology: A Natural Dye Sensitized Nanocrystalline Energy Converter. *J. Chem. Educ.* 75 (6). 1-6.

- Sukir. 2011. Simulasi Dinamika Molekuler Hibrida Mekanika Kuantum/Mekanika Molekuler Ion Y^{2+} dalam Amoniak Cair dan Air. *Tesis*. Program Studi Magister Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Sulistiyani, E. T. 2012. Teori Fungsional Desitas dan Penerapannya pada Struktur Atom. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng dan DIY*. Purworejo.
- Sumardjo, D. 2008. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata 1 Fakultas Bioeksakta*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Syaifuddin, M. 2015. Analisis Hubungan Kuantitatif Struktur dan Aktivitas *Calcium Channel Blocker* Senyawa Turunan Dihidropirin. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Sebelas Maret: Surakarta.
- Terranova, U. Challenges in Dye Sensitised Solar Cells: A Theoretical Study. *Thesis*. Department of Physics and Astronomy. UCL.
- Tiwari, A., dan Pal, U. 2015. Effect of Donor-Donor- π -Acceptor Architecture of Triphenylamine Based Organic Sensitizers Over TiO_2 Photocatalyst for Visible Light Driven Hydrogen Production. *International Journal of Hydrogen Energy*. 40. 9069 -9079.
- Wan, Z., Jia, C., Duan, Y., Zhou, L., Lin, Y., dan Shi, Y. 2012. Phenothiazine-Triphenylamine Based Organic Dyes Containing Various Conjugated Linkers for Efficient Dye Sensitized Solar Cells. *J. Mater. Chem.* 22, 25140.
- Wijaya, B. 2007. Reaksi Cr, Cr_2 , Mn, Mn_2 , Fe, dan Fe_2 dengan F_2 , H_2 , N_2 , dan O_2 : Kajian Teori Fungsional Kerapatan. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Xu, W., Peng, B., Chen, J., Liang, M., dan Cai, F. 2008. New Triphenylamine Based Dyes for Dye Sensitized Solar Cells. *J. Phys. Chem.* 112. 874-880.

Zhang, Z. 2008. Enhancing the Open Circuit Voltage of Dye Sensitized Solar Cells: Coadsorbents and Alternative Redox Couples. *Thesis*. Facultate Science De Base: Suissa



LAMPIRAN

1. Konversi energi (eV) dari panjang gelombang (nm) sianidin 3-glukosida hasil eksperimen.

Panjang gelombang : 502 nm

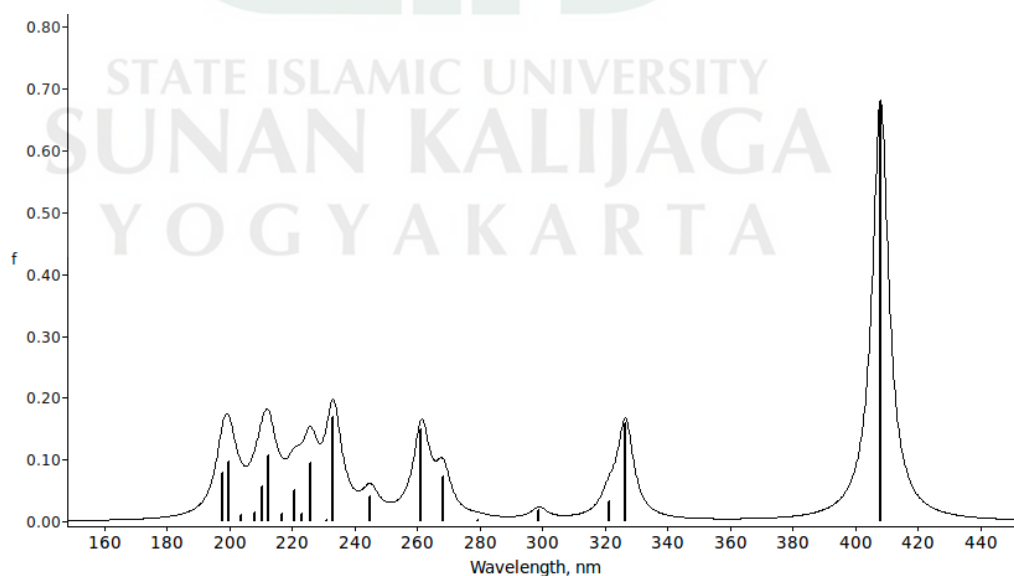
$$502 \text{ nm} = 2,4698 \text{ eV}$$

2. Persentase perbandingan antara sianidin 3-glukosida hasil eksperimen dan hasil penelitian yang dilakukan.

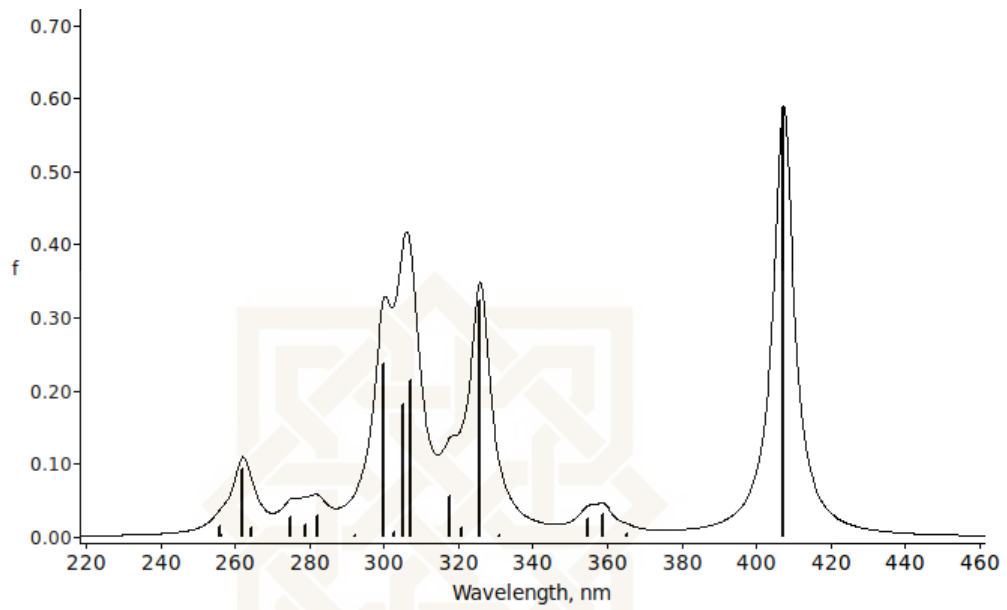
$$\begin{aligned} \% \text{ perbandingan} &= \frac{\text{Hasil eksperimen}}{\text{Hasil perhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{2,4698 \text{ eV}}{2,8900 \text{ eV}} \times 100\% \\ &= 85,46\% \end{aligned}$$

3. Spektra sianidin dan sianidin termodifikasi.

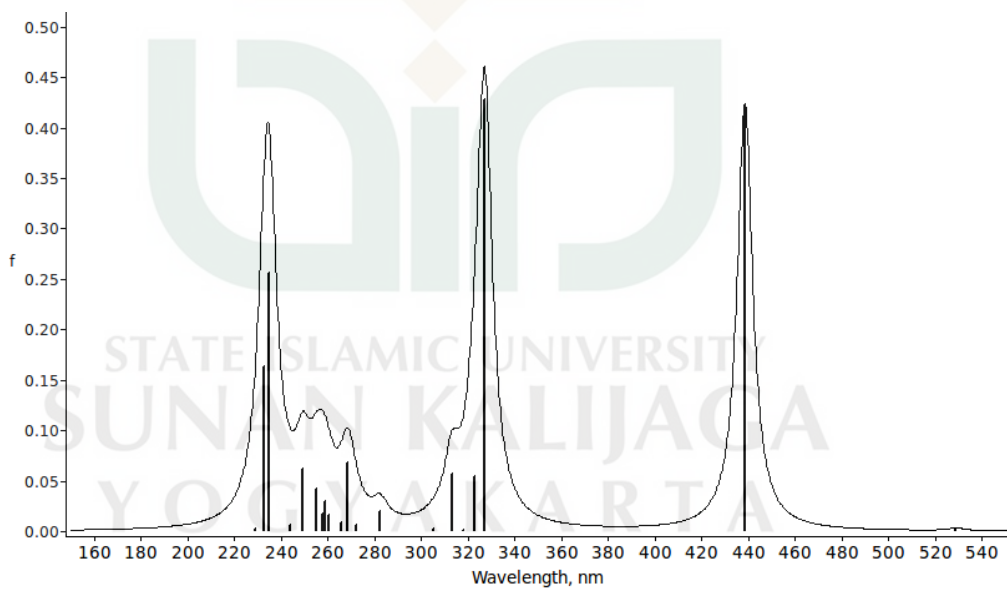
- a. Spektra sianidin



b. Spektra sianidin trifenilamin



c. Spektra sianidin sianooasetat



Curriculum Vitae

A. Biodata Pribadi

Nama Lengkap : Moh. Irfan Ainurraziqin
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Tempat, Tanggal Lahir : Sumenep, 15 Agustus 1993
 Alamat Asal : Dsn. Sumber Bentong RT 03/RW 06,
 Ds. Karangcempaka, Kec. Bluto,
 Kab. Sumenep
 Alamat Tinggal : Ambarukmo Blok V No 100,
 Ds. Caturtunggal, Kec. Gondokusuman
 Kab. Sleman, Yogyakarta.
 Email : irvanvalovan@gmail.com
 No. HP. : 081935147526

B. Latar Belakang Pendidikan Formal

No.	Lembaga Pendidikan	Alamat	Tahun Masuk	Tahun Lulus
1.	TK Nurul Islam	Jl. KH. Sirajuddin No 3, Karangcempaka, Bluto, Sumenep, Jawa Timur 69466.	1998	2000
2.	MI Tarbiyatul Athfal	Jl. KH. Sirajuddin No 3, Karangcempaka, Bluto, Sumenep, Jawa Timur 69466.	2000	2005
3.	MTs Nurul Islam	Jl. KH. Sirajuddin No 3, Karangcempaka, Bluto, Sumenep, Jawa Timur 69466.	2005	2008
4.	MA Nurul Islam	Jl. KH. Sirajuddin No 3, Karangcempaka, Bluto, Sumenep, Jawa Timur 69466.	2008	2011
5.	Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta	Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta, 55281	2012	2017

C. Pengalaman Organisasi

No.	Organisasi	Jabatan	Masa Jabatan
1.	Himpunan Mahasiswa Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga	Sekretaris	2013 - 2014

D. Pengalaman Pekerjaan

No.	Pekerjaan	Alamat	Masa Kerja
1.	Praktik Kerja Lapangan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta	Jalan Wonosari Km. 7 Wiyoro Lor, Baturetno, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta.	19 Januari-13 Februari 2015